

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-76904

⑮ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和61年(1986)4月19日

G 01 B 11/06

7625-2F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑭ 発明の名称 膜厚測定方法

⑰ 特 願 昭59-198149

⑱ 出 願 昭59(1984)9月21日

⑲ 発 明 者 田 端 秀 敏 川崎市多摩区菅3725 下島荘A103

⑳ 出 願 人 株式会社 オーク製作 調布市調布ヶ丘3丁目34番1号
所

㉑ 代 理 人 弁理士 磯野 道造

明 細 書

1. 発明の名称

膜厚測定方法

2. 特許請求の範囲

被測定試料の膜厚を反射干渉法により測定する方法において、反射強度スペクトルの測定段階、このスペクトルの極値を与える波長の決定段階、反射干渉の次数の予想値表を作成する段階、この予想値表に基づいて前記膜厚の予想値群を算出する段階、この予想値群中の関連する膜厚値間の偏り値を算出する段階、この偏り値の絶対値を最小にする予想次数値を真の干渉次数と決定する段階及び決定された干渉次数により膜厚を決定する膜厚測定方法。

3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は分光反射率を測定することによって種々の膜厚を測定する方法に関する。

(従来技術)

反射干渉における被測定試料からの反射光は互

いに干渉し、ある特定波長で反射光の強度は極値をとり、その条件は一般に次式で表わされる。

$$2nd = m\lambda \quad (\text{極大となる条件}) \quad \dots \quad (1)$$

$$2nd = (m + 1/2)\lambda \quad (\text{極小となる条件}) \quad (2)$$

ここにおいて、 m は次数、 λ は光の波長である。

今、第(1)式において、光の干渉の次数 m_1 、及び m_2 の極値が夫々波長 λ_1 、 λ_2 ($\lambda_2 < \lambda_1$) であるとする。

$$2nd = m_1 \lambda_1 \quad \dots \quad (3)$$

$$2nd = m_2 \lambda_2 \quad \dots \quad (4)$$

と表わされる。なおここで被膜はシリコンウエーハーなどの基板上の薄膜であって光の分散及び吸収が小さいとする。ここで次数 m_1 、 m_2 及び波長 λ_1 、 λ_2 が決まれば d が決定できる。しかしながら一方で第(3)式および第(4)式より

$$d = \frac{(m_2 - m_1)}{2n} \cdot \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \quad \dots \quad (5) \quad \text{となる。}$$

この第(5)式において、隣接した反射光の強度の極大値(山)について又は極小値(谷)については $m_2 - m_1 = 1$ であるから

$$d = \frac{1}{2n} \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \dots \dots (6) \quad \text{となる。}$$

第(6)式で膜厚を測定する方法では、次数 m_1, m_2 の絶対値を求める必要がなく、単色計の波長走査を行って反射光の強度スペクトルを測定することによって容易に行うことができる。

しかしながらこの式は λ_1, λ_2 という2つの測定誤差を含む値を有するため求めた膜厚 d の精度が低いという問題点があった。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、上記の点に鑑みて測定精度の高い膜厚の測定方法を提供するものである。

〔発明の概要〕

本発明は、上記の目的を達成するために反射光の強度スペクトル中の極値を与える波長 λ を測定し、式 $d = \frac{m}{2n} \lambda$ から膜厚 d を求めるようにするものでこの場合特に次数 m を決定する必要がある、以下の手順により次数 m を決定し、より正確な膜厚 d を算出するものである。

〔発明の実施例とその効果〕

ーフミラー22を通り、反射鏡23、観察用ミラー25及び対物レンズ24を通して被測定試料28上に照射される。例えば、この光は、紫外、可視または赤外光でよい。被測定試料28はシリコン等の基板32の表面が薄い透明な薄膜31で覆われ、積層構造に形成されている。被測定試料28に照射された単色光は薄膜31の表面、薄膜31と基板32の界面でそれぞれ反射し、干渉を生ずる。干渉した反射光はミラー23で反射された後ーフミラー22で反射され光電子増倍管(P.M.T)26に入力される。光電子増倍管26は入射光量に比例した電流を発生させるようになっており、この出力はアンプ27により増幅されオシログラフ(以下CRTと略称)等30に送られる。CRT30では分光器19からの走査波長と反射光の強度を第3図に示したように出力表示する。

この強度分布の出力が第1図の第1段の反射強度スペクトルの測定1の段階となる。次に第2段として第3図のような出力分布グラフに基づいて

以下、本発明を実施例と図面によって詳細に説明する。第1図は、本発明による膜厚測定方法を実施した手順の一例を示す段階図である。同図において、測定の手順は反射強度スペクトルの測定段階1と、極値の波長決定段階2と、次数の予想値表の作成段階3と、膜厚の予想値群の算出段階4と、偏り値の算出段階5と、次数の決定段階7から構成されている。

第2図は、本発明を実施するのに好適な膜厚測定装置の一例を示す概要構成図である。同図において16は被測定試料28の薄膜面に光を照射する光源であり、光源16を出た白色光は集光レンズ17及び反射鏡18を通して分光器19に入射される。

分光器19は回折格子20を有するものが本発明には適当であり、回折格子20を回転させることによって、波長走査が可能である。この回転をパルスモータで駆動すると一定のステップ波長ごとの分光データが得られるのでデータ処理に有利である。分光器19で単色光に分光された光はハ

極値の波長、例えば λ_1, λ_2 及び λ_3 を決定する(第2段階)。

次に第3段階において、次数 m の予想値表の作成を行う。ここで、第3図の様なスペクトルが得られたとき、次数の取り得る可能性としては、表1の場合が考えられる。

なお各組の次数 m_1, m_2, m_3 はスペクトル中の連続した極大、極小を取るため次数は $1/2(0.5)$ づつの差を有する値となる。

次に第4段階で表1の各次数に対する膜厚 d の予想値群が式 $d = \frac{m}{2n} \lambda$ により表2のように算出できる。

例えば、ある試料 SiO_2 の場合 $\lambda_1 = 6.600 \text{ \AA}$, $\lambda_2 = 5.300 \text{ \AA}$, $\lambda_3 = 4.500 \text{ \AA}$, $n = 1.45$ とする。

ケース \ 次数	m_1	m_2	m_3
I	2. 0	1. 5	1. 0
II	3. 0	2. 5	2. 0
III	4. 0	3. 5	3. 0
IV	5. 0	4. 5	4. 0
V	6. 0	5. 5	5. 0
VI	7. 0	6. 5	6. 0

(表 1)

ケース \ 膜厚 (Å)	d_1	d_2	d_3
I	3103	2741	2276
II	4655	4569	4552
III	6207	6397	6828
IV	7759	8224	9103
V	9310	10052	11379
VI	10862	11879	13655

(表 2)

くことにより最も正しい次数 m の組を見出すことができる。

このため本願発明者は次の式により各ケース毎の δ を表 3 の如く算出した。

$$\text{偏り値を } \delta n = \frac{d_1 - d_2}{d_1 + d_2} \times 100, (n = \text{I, II, III})$$

として $\delta \leq 0$ において $|\delta|$ が最小となるケースに注目し、そのケースの n を k とおく。

次に、 $10 |\delta_k + \delta_{k+1}| = P$ とする。 $P > 5$ ならば、 δ_{k+1} を与える次数 m_1 を $k+1$ (k は自然数) と決定し、続いて m_2, m_3 を決定する ($m_1 = k+1, m_2 = k+1.5, m_3 = k+2$)。

逆に $P < 5$ ならば、 δ_k を与える次数 m_1 を k (k は自然数) と決定し、続いて m_2, m_3 を決定する ($m_1 = k, m_2 = k+0.5, m_3 = k+1$)。これらに基づき表 2 に対応する d_1, d_2, d_3 の予想値群より真の膜厚 d を決定する。なお、 $P = 5$ ならばいずれも正確な次数 m_1 を与えないので、再度第 1 段階の反射強度スペクトルの測定に戻り測定をやり直す。

ここで表 2 中 d_1 は $m_1 = 1, \lambda_1 = 6,600 \text{ Å}$ として $d_1 = 1 \times 6,600 / 2 \times 1.45 = 2276 \text{ Å}$ となり、同様に d_2 は $m_2 = 1.5, \lambda_2 = 5,300 \text{ Å}$ として $d_2 = 1.5 \times 5300 / 2 \times 1.45 = 2741 \text{ Å}$ となる。 d_3 は同様に 3103 Å となる。

以下各ケース (I ~ VI) について各 d が同様に求められる。

第 5 段階で偏り値の算出 5 を行う、この理由は以下のとおりである。即ち、ある膜厚 d があれば第 3 図のスペクトル上の極値 (山、谷) の波長 ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) とそれに対応する次数の組合わせは第 (II) 式において、 n, d を定数とすれば $m\lambda = 2nd$ は定数となり、 m と λ は一対一に対応する。そこで、 m と λ はある双曲線上にある点だから各波長に対して正しく対応しない次数群を用いて膜厚を算出すれば、正しく対応した次数群を用いて算出された膜厚群に比べて同一ケース内の膜厚の偏り値が大きくなる。このとき、 d_1, d_2, d_3 の互いの差、偏り値が大きい値を与える次数 m の組 (ケース I, II ~ VI 等) を消去してい

$\delta \text{ I} = -15.4$
$\delta \text{ II} = -1.1$
$\delta \text{ III} = 4.7$
$\delta \text{ IV} = 7.9$
$\delta \text{ V} = 10.0$
$\delta \text{ VI} = 11.4$

(表 3)

そこでこの偏り値優先の決定 6 のために δn を実際に求めてみる。

例えば、 $\delta \text{ I}$ は表 2 より d_1, d_2, d_3 を代入して、

$$\delta \text{ I} = \frac{2276 - 3103}{2276 + 3103} \times 100 (\%) = -15.4 \text{ となる。}$$

以上各ケースにつき δn を求めた (表 3)。

なお第 4 図は横軸にケース値を縦軸に δ をとったものである。

表 3 に示すように、スペクトルに対応しない次数 m を極値の波長 λ と組み合わせで膜厚 d を求めても d_1, d_2, d_3 の互いの差偏り値が大きくなっていく。そこで $\delta \text{ II}$ と $\delta \text{ III}$ より

$$\frac{|\delta \text{ II}|}{|\delta \text{ II}| + |\delta \text{ III}|} = 0.190$$

$P = 1.45 < 5$ となり、 δ の次数 $m_1 = 2$ 、 $m_2 = 2.5$ 、 $m_3 = 3$ を正しく対応した次数とする。
これが第7段階の次数の決定である。

(発明の効果)

以上説明したとおり、本発明によれば干渉次数を迅速に正確に決定し、決定された次数を用いて膜厚を算出することにより与えられた試料の膜厚を高精度に測定することができる。これによる半導体分野におけるシリコンウェーハなど基板上の各種膜厚が正確に測定でき半導体製品の品質管理の向上に寄与することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による膜厚測定方法の手順図、第2図は本発明を実施するのに好適な膜厚測定装置の構成の一例を示す概略構成図、第3図は反射強度スペクトルの一例を示すグラフ図、第4図は干渉次数に対する偏り値のグラフ図である。

特 許 出 願 人
代理人 弁理士

株式会社オーク製作所
磯 野 道 造



図 1

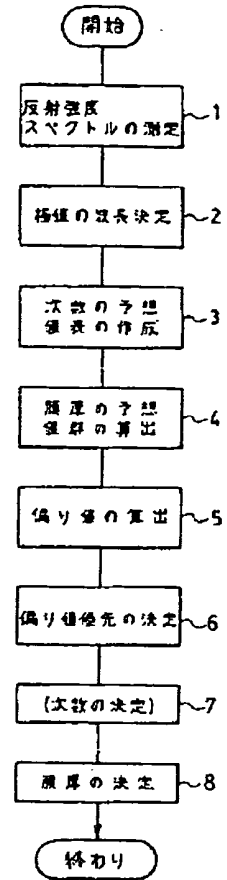


図 2

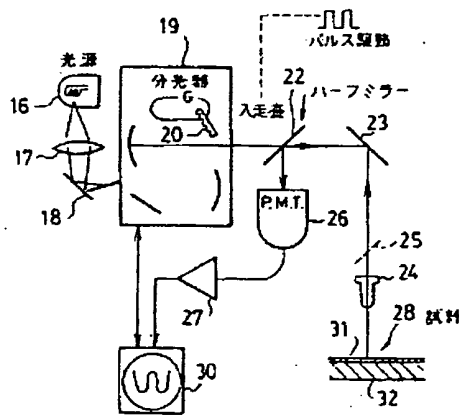


図 3

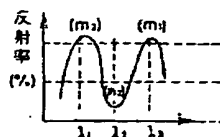


図 4

